

2023  
highlights der **physik**

WISSENSCHAFTSFESTIVAL

# HIGHLIGHTS DER PHYSIK

25. - 30.9. \\ KIEL

LÖSUNG SHEFT

#hdp23





## **INFORMATIONEN**

---

Die Highlights der Physik im Internet:  
[highlights-physik.de](https://highlights-physik.de)

---

Aufgabenheft und Lösungen bis September 2024  
zum Download unter:  
[highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte](https://highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte)

# ALLGEMEINE HINWEISE

An rund 40 interaktiven Ausstellungsständen in der großen Mitmachausstellung auf dem Rathausplatz in Kiel geben Wissenschaftler:innen aus dem ganzen Land aus erster Hand und auf unterhaltsame Weise Einblicke in ihre zukunftsweisende Forschung. Sie zeigen das Neueste aus der Nanoforschung, wie man schwarze Löcher im Weltraum findet und wie Wasserstoff- und Plasmatechnologien für die Zukunft der Energieversorgung genutzt werden. Erfahre, warum kilometerlange Beschleuniger und hausgroße Apparaturen für die medizinische Diagnostik notwendig sind, und warum die Zukunft vielleicht trotzdem im Nanolabor stattfindet.

## IN DER PHYSIK-AUSSTELLUNG DER „HIGHLIGHTS DER PHYSIK“ 2023 GEHT ES UM FOLGENDE THEMEN:

- DIE WELT DER ATOME UND NANOSTRUKTUREN
- DIE WELT DER FLÜSSIGKEITEN UND OZEANE
- DIE WELT DER STERNE UND PLANETEN
- DIE WELT AUS TEILCHEN, LICHT UND PLASMA



# ÜBERSICHT DER EXPONATE

## Bereich A DIE WELT DER ATOME UND NANOSTRUKTUREN

A	Titel	Seite
1	Kleine Dimension – große Wirkung: Materialien für morgen erleben	6
2	Verräterische Wellenmuster: Elektronenverhalten in Materialien	7
3	Materialuntersuchung im Vakuum: Forschungsbedingungen wie im Weltall	8
4	Biologisch inspirierte Informationsverarbeitung	9
5	... bloß nicht bewegen! Der Kernspintomograph	10
6	Materialprüfung mit Elektronen	11
7	Einblick in den Mikrokosmos	12
8	Wasserstoff – Kohle der Zukunft	13
9	Mehr als heiße Luft: Aeromaterial-Physik	14
10	Einstein navigieren: vom Kreiselkompass zum autonomen Schiff	15
11	Festival MINTKultur*en: Angebote der Europa-Universität Flensburg & Phänomenta Flensburg	16

## Bereich B DIE WELT DER FLÜSSIGKEITEN UND OZEANE

B	Titel	Seite
1	Meeresströmungen – Der Ozean im Supercomputer	18
2	Naturgefahren aus dem Ozean	19
3	Expedition auf den Weltmeeren – das deutsche Forschungsschiff METEOR	20
4	Minisensoren für die Landwirtschaft	21
5	HighTech-Farben und Flüssigkeiten	22
6	Das Nanoliterlabor	23



## Bereich C DIE WELT DER STERNE UND PLANETEN

C	Titel	Seite
1	Virtuelle Reise durch den Kosmos	24
2	Vom Himmel Hoch	25
3	Schwarze Löcher und Exoplaneten	26
4	Sternbilder zum Funkeln bringen	27
5	Astronomie in der Schule spannend gestalten	28
6	Planeten beim Entstehen beobachten	29

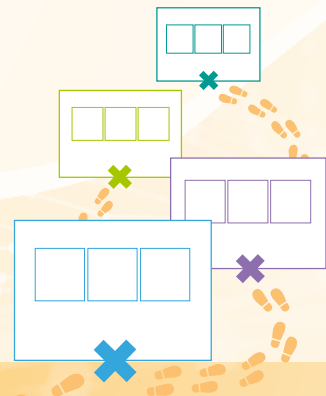
## Bereich D DIE WELT AUS TEILCHEN, LICHT UND PLASMA

D	Titel	Seite
1	Zauberwelt der Plasmen	30
2	Von der Sonne abgeschaut – Das Fusionsexperiment Wendelstein 7-X	31
3	Der größte Röntgenlaser der Welt	32
4	Die Lichtmaschine – BESSY II	33
5	Neues aus der Forscherwerkstatt	34
6	Diagnose mit Myonen	35
7	Der Neutronenstern – Wunder der Physik	36

Hier können bestimmte Exponate ausgewählt und markiert werden. Dieses Heft ist nicht als eigenständiges Lehrbuch zu verstehen, sondern es soll zur Auseinandersetzung mit der Thematik am Ausstellungsstand anregen. Erst durch die dort gebotenen Experimente, die Ausstellungstafeln und die Gespräche mit den Standbetreuer:innen ergibt sich ein vollständiges Bild.

**VIEL SPAß IN DER AUSSTELLUNG!**

Zudem ist auf jedem Poster ein QR-Code abgebildet, hinter dem sich ein kleines Quiz verbirgt. Teste dein Wissen!



# KLEINE DIMENSION - GROSSE WIRKUNG



Für neue medizinische Therapien oder eine bessere Energieversorgung entwickeln Kieler Forschende Materialien mit besonderen Eigenschaften. Das sind zum Beispiel winzige Nanostrukturen oder extrem dünne Materialschichten, die im Reinraum des Kieler Nanolabors erstellt werden. Untersuche ihre optischen Eigenschaften und erlebe ihre Anwendung in medizinischen Sensoren für die Herzdiagnostik.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



## ! 1. Wie erhalten Metall-Nanopartikel ihre Farben?

(a) Einfallende Photonen interagieren mit freiem Elektronengas der Nanopartikel

Die einfallenden Photonen interagieren mit dem freien Elektronengas der Nanopartikel. Haben die Photonen eine bestimmte Energie, können sie eine resonante Schwingung der Elektronen in den Nanopartikeln erzeugen („Plasmonenresonanz“). Es wird nur Licht eines bestimmten Wellenlängenbereichs absorbiert, so dass die Partikel in weißem Licht bunt erscheinen.

## ! 2. Was ist eigentlich ein Sensor und wie funktioniert er?

Ein Sensor ist ein kleines, abgeschlossenes System aus mind. einem aktiven Material. Das Material reagiert mit seiner Umwelt (z.B. einem elektrischen Feld) und verändert sich. Dabei entsteht ein Signal – häufig eine Spannung – die als Messwert erfasst werden kann.

## ! 3. Was ist das Besondere an einem Reinraum wie im Kieler Nanolabor?

Hier werden neue Sensoren, medizinische Stents oder Mikrochips erforscht und hergestellt. Staubkörner könnten die winzigen Bauteile zerstören. Deshalb wird die Innenluft mit riesigen Filteranlagen sehr stark gereinigt und die Forschenden tragen spezielle Schutzkleidung.

Räumlich eingeschränkte Wellen, wie in einem Material, erzeugen komplexe Muster. Sichtbar wird das bei den Chladnischen Klangfiguren: Die Schallwellen eines Lautsprechers versetzen eine Metallplatte mit Sandkörnern in Schwingung. Verändere die Tonhöhe und erschaffe so faszinierende Muster. Sie ähneln den Bewegungsbildern von Elektronen in Materialien und verraten viel über deren Eigenschaften.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## VERRÄTERISCHE WELLENMUSTER



Bild: AG Rossmagel



**1. In der deutschen Straßenverkehrs-Ordnung §27 (6) steht: „Auf Brücken darf nicht im Gleichschritt marschiert werden.“ Wovor hat man da Angst?**

(b) Belastungsgrenze der Brücke wird durch resonant angeregte Schwingung überschritten

Wird ein Gegenstand zum Schwingen angeregt und entspricht die Anregungsfrequenz seiner Eigenfrequenz, so wird die Schwingung andauernd verstärkt. Bei ungenügender Dämpfung kann der Gegenstand über seine Belastungsgrenze verformt und zerstört werden.

**2. Wenn eine mit Sand bestreute Metallplatte mit einem Lautsprecher zum Schwingen angeregt wird, zeigen sich interessante Sandmuster. Wie ist das möglich?**

Wie bei einer schwingenden Gitarrensaite bilden sich auf der Klangplatte Bereiche, in denen die Platte stark schwingt und der Sand weggestoßen wird, sowie schmale Bereiche, in denen die Platte ruht und auf denen der Sand liegen bleiben kann. Man bezeichnet dieses Phänomen als stehende Wellen.

**3. Warum gibt es nur wenige Tonhöhen, bei denen sich Muster auf der Chladnischen Klangplatte bilden?**

Ähnlich zu einer schwingenden Gitarrensaite bilden sich auf der Klangplatte nur dann stehende Wellen aus, wenn die Schwingungen sich so überlagern können, dass sie sich nicht gegenseitig abschwächen. Diese besondere Bedingung ist aber nur selten erfüllt.



# MATERIALUNTERSUCHUNG IM VAKUUM



Bereits kleinste Verunreinigungen können die Herstellung und Erforschung neuer Materialien und Oberflächen stören. Daher müssen aus ihrer Umgebung fast alle Gasmoleküle wie Stickstoff und Sauerstoff, aber auch Wasser entfernt werden. Zurück bleibt ein luftleerer Raum, vergleichbar mit dem Vakuum im Weltall. Erzeuge selbst ein Vakuum und experimentiere mit seinen interessanten Eigenschaften.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



## 1. Was passiert mit einem Schokokuss, der unter Vakuum gebracht wird?

Unter Vakuum fehlt der Gegendruck der Atmosphäre auf den Schokokuss und das Gas in der Schaummasse dehnt sich aus, bis die Schaumbläschen zerplatzen.



## 2. Warum wird ein Frühstücksei, das ein Bergsteiger auf dem Mount Everest kocht, wahrscheinlich ungewöhnlich schmecken?

(d) Durch den geringeren Druck am Mount Everest erreicht das kochende Wasser und damit das Ei nicht die erforderliche Temperatur, obwohl es gekocht wurde.

Ein Hühnerei gerinnt bei etwa 83 °C vollständig. Je höher der Bergsteiger klettert, desto weniger Druck übt die Erdatmosphäre auf sein Kochwasser aus, so dass dieses auf dem Mount Everest bereits bei etwa 70°C zu kochen beginnt und das Ei nicht vollständig hart wird.



## 3. Warum besteht bei einem Einweckglas kaum die Gefahr, dass der Deckel ausversehen geöffnet wird, auch wenn dieser nur lose auf einer Gummidichtung aufliegt?

Beim Einwecken wird Unterdruck im Glas erzeugt. Durch den fehlenden Gegendruck drückt die Luft der Erdatmosphäre den Deckel so fest auf das Glas, als würde – abhängig von der Deckelfläche – eine Masse von mehreren 10 kg auf dem Deckel liegen.



# BIOLOGISCH INSPIRIERTE INFOVERARBEITUNG

Bild: Jan Bielecki

Die *Tripedalia cystophora* gehört zu den Würfelquallen. Diese Quallenart besitzt die Fähigkeit Umrisse zu erkennen und zu verarbeiten, um auf diese Weise Hindernissen, wie Baumwurzeln gezielt ausweichen zu können. Ziel des SFB 1461 „Neuroelektronik“ ist es solche Vorgänge, basierend auf neuronalen Netzwerken nachzubauen.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



## 1. Was macht die Würfelqualle so besonders?

Bildererkennung

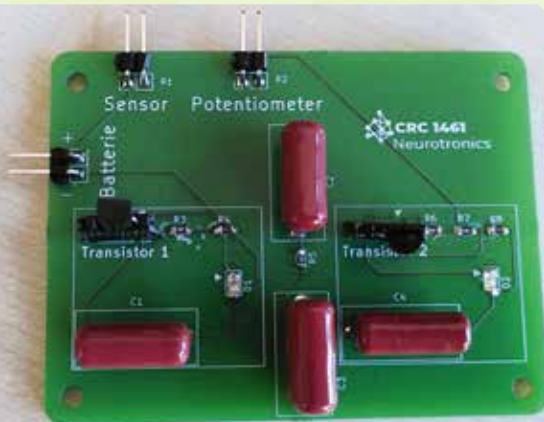
## 2. Wie verarbeitet die Würfelqualle solche Informationen?

(a) Über die Reizweiterleitung im Nervensystem

Die Würfelqualle besitzt die Fähigkeit Umrisse zu erkennen und zu verarbeiten, um auf diese Weise Hindernissen, wie Baumwurzeln gezielt ausweichen zu können.

## 3. Wie kann eine solche Informationsverarbeitung nachgebaut werden?

Durch bspw. Schaltkreise, siehe Versuch.



# ... BLOß NICHT BEWEGEN!

Bild: Siemens Healthineers



Magnetresonanztomographen verwenden supraleitende Spulen in flüssigem Helium ( $-269\text{ °C}$ ) und Feldstärken bis 7 Tesla. Mit 3 Gradientenmagnetfeldern werden Kernspins im Körper lokalisiert, weil so die Resonanzfrequenz der Spins von Ort zu Ort unterschiedlich ist. Durch unterschiedliche Relaxationszeiten T1 bzw. T2 der Kernspins werden verschiedene Gewebe im Bild sichtbar.

Berliner Hochschule für Technik, Deutsche Gesellschaft für medizinische Physik e. V.



- !** 1. Bringe einen Magneten in die Nähe einer Kompassnadel. Stoße die Kompassnadel an. Nun wiederhole den Versuch, halte aber den Magneten weiter weg von der Nadel. Beobachte wieder die Schwingung der Kompassnadel. Was ist nun anders?

(c) Die Kompassnadel schwingt nun langsamer und weiter aus

Ein Kompass funktioniert genau wie ein zweiseitiger Magnet: Die rote Seite (Nordpol) zieht die grün markierte Seite (Südpol) eines anderen Magneten an. Das bedeutet, die magnetische Nadel im Kompass richtet sich nach dem Magnetfeld der Erde aus. Wird nun ein Magnet in die Nähe des Kompasses gebracht, schwingt die Kompassnadel. Je näher sich der Magnet an der Kompassnadel befindet, desto stärker wird er von dessen Magnetfeld umgeben und desto schneller schwingt die Kompassnadel. Hält man den Magneten weiter weg, so schwingt sie langsamer.

- !** 2. Stelle 2 Kompassnadeln so nebeneinander, dass sie sich frei drehen können. Halte den Magneten vor die Kompassnadeln, so dass sie sich auf ihn ausrichten. Nimm einen zweiten Magneten, bewege ihn senkrecht zum ersten seitlich einer der Kompassnadeln hin und her, damit die etwas schwingt. Wie bewegt sich die 2. Nadel, wenn diese immer ein Stückchen weiter weg von der 1. Nadel entfernt steht?

Sie schwingt.

- !** 3. Hohe Magnetfeldstärken können mit supraleitenden Spulen erzeugt werden. In ihnen fließt der elektrische Strom ohne Widerstand. Allerdings müssen sie auf sehr niedrige Temperaturen gekühlt werden, z. B. mit flüssigem Helium bei 4,2 K. Wie viel °C sind das?

Die Antwort ist:  $T = -269\text{ °C}$

Erklärung: 0 K (Kelvin) entspricht  $-273,15\text{ °C}$  (also ca.  $-273,2\text{ °C}$ ). Addiert man zu  $-273,2\text{ °C}$  4,2, so erhält man  $-269\text{ °C}$ .

Selber ein Rasterelektronenmikroskop mit 15000 Volt Beschleunigungsspannung bedienen und die Geheimnisse der Nanowelt in und um uns herum entdecken? Geht! Hier bei uns in der Ausstellung.

HITACHI High Technologies Europe GmbH,  
Krefeld

# MATERIALPRÜFUNG MIT ELEKTRONEN



Bild: Dr. Manfred Oppenmann



## 1. Wofür steht in der Mikroskopie die Abkürzung REM?

(b) Rasterelektronenmikroskopie

Als Rasterelektronenmikroskop (REM) bezeichnet man ein Elektronenmikroskop, bei dem ein Elektronenstrahl in einem bestimmten Muster über das vergrößert abzubildende Objekt geführt (gerastert) wird und Wechselwirkungen der Elektronen mit dem Objekt zur Erzeugung eines Bildes des Objekts genutzt werden.

## 2. Wie hoch ist die maximale Beschleunigungsspannung für die Elektronen im Hitachi TM4000?

20.000 Volt

## 3. Bezogen auf die Monitorgröße, wie hoch ist die maximale Vergrößerung?

250.000 fach

# EINBLICK IN DEN MIKROKOSMOS



Wie funktioniert ein Elektronenmikroskop und welche vielfältigen physikalischen Fragestellungen kann man damit heute realisieren? Erfahrt mehr darüber am Modell eines Elektronenmikroskops und mit Hilfe von Experimenten, bei denen Elektronenstrahlen abgelenkt und sichtbar gemacht werden.

Fakultät für Physik, Universität Duisburg-Essen



## 1. Warum benutzt man Elektronen zur Abbildung im TEM?

Sie haben eine viel kleinere Wellenlänge als sichtbares Licht.



## 2. Wie werden (freie) Elektronen erzeugt?

Glühemission aus einer beheizten Kathode.

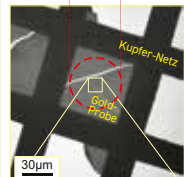
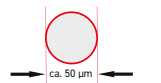


## 3. Durch welche Kräfte werden Elektronen beschleunigt bzw. abgelenkt?

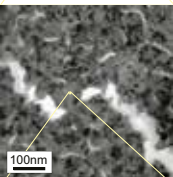
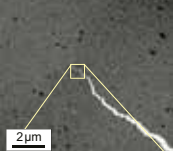
(d) Coulomb-Kraft und Lorenz-Kraft

Beschleunigt durch die Coulomb-Kraft infolge eines elektrischen Feldes und abgelenkt durch die Lorenz-Kraft infolge eines magnetischen Feldes.

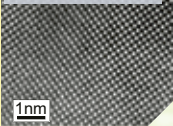
Querschnitt eines menschlichen Haares



Dünne Goldschicht



Hochauflösungsbild:  
Abstand und Anordnung  
von Goldatomen





Wasserstoff, das kleinste Molekül überhaupt, spielt

eine große Rolle für die Energiewende. Es ist als Energiespeicher und für die Erzeugung von Grundchemikalien nutzbar. Dazu wird weltweit intensiv geforscht, auch an der Kieler Uni. Im Zentrum stehen dabei Elektroden und Katalysatoren zur Erzeugung und Umwandlung von Wasserstoff. Diese effizienter und langlebiger zu machen ist ein zentrales Ziel.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

# WASSERSTOFF - KOHLE DER ZUKUNFT

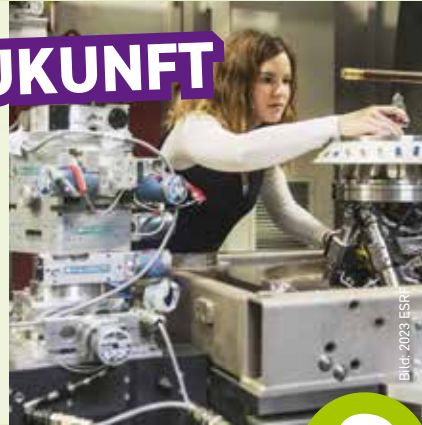


Bild: 2023, ESR



## ! 1. Warum ist Wasserstoff für die Energiewende wichtig?

(d) Wasserstoff kann Schwankungen bei der Stromproduktion ausgleichen.

Wir müssen langfristig alle Prozesse, die auf fossilen Brennstoffen basieren, auf grünen Strom umstellen. Mit Wasserstoff kann dieser Strom gespeichert werden, um Schwankungen bei der Stromproduktion auszugleichen oder z.B. für den Betrieb von LKWs und Schiffen. Außerdem kann Wasserstoff Gas, Öl und Kohle in Chemie- und Stahlindustrie ersetzen.

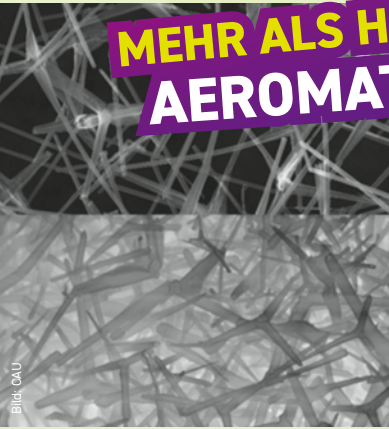
## ! 2. Was sind die Herausforderungen bei der klimaneutralen Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse?

Bei der Elektrolyse wird Wasser durch Strom an Elektroden in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Wieviel elektrische Energie dafür notwendig ist, hängt stark von Material der Elektroden ab. Man muss daher Materialien entwickeln, an denen diese Zerlegung besonders energieeffizient abläuft.

## ! 3. Wie kann man Wasserstoff speichern?

Wasserstoff lässt sich als Gas unter hohem Druck oder bei sehr kalten Temperaturen als Flüssigkeit speichern. Außerdem können bestimmte Flüssigkeiten Wasserstoff chemisch binden und wieder abgeben. Aus Wasserstoff können zudem andere energiehaltige Verbindungen erzeugt werden.

# MEHR ALS HEIßE LUFT: AEROMATERIAL-PHYSIK



Aeromaterialien sind extrem leichtgewichtig denn sie sind Hohlgerüste aus verbundenen Röhren, allerdings mit Wandstärken von typischerweise weniger als 100 Atomen und Durchmessern von wenigen tausendstel Millimetern.

Daher stammen einzigartige Eigenschaften: Als leitfähiges, tief schwarzes Aerographit kann es in Sekundenbruchteilen heiße Luft ausstoßen oder als Aeroglas selbst Laserlicht streuen.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



## ! 1. Wieso erhitzen sich Aeromaterialien beim elektrischen Heizen mit geringer Leistung so schnell auf mehrere hundert Grad Celsius?

Die Temperatur beim Heizen ergibt sich aus zugeführter Energie geteilt durch die Wärmekapazität. Da die Wärmekapazität von der Masse abhängt, erreichen Aeromaterialien bei geringer Leistung schnell hohe Temperaturen.

## ! 2. Warum gibt eine leitfähige Aeromaterialprobe bei einem elektrischen Stromstoß einen Druckluftstoß ab?

Die zugeführte elektrische Energie erwärmt das Aeromaterial sehr rasch und es überträgt die Wärme weiter auf die Luft im inneren der hochporösen Aeromaterialstruktur. Durch die daraus resultierende Lufterwärmung steigt der Druck und die Luft dehnt sich explosionsartig aus und schießt aus dem Material.

## ! 3. Warum ist das Aeromaterial unempfindlich gegen Erschütterungen und übersteht einen Raketenstart problemlos?

(c) Aufgrund der geringeren Masse und der inneren Struktur des Aeromaterials

Da das Material kaum Masse hat, wirken auch bei hohen Beschleunigungen nur geringe Kräfte ( $\text{Kraft} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung}$ ) – die Trägheit des Materials ist extrem klein. Zusätzlich besteht die innere Struktur des Aeromaterials aus Röhren, die miteinander verbunden sind und so die Kräfte im Inneren gut verteilen können.

# MIT EINSTEIN NAVIGIEREN



Vor 120 Jahren wollte Hermann Anschütz-Kaempfe mit einem Schiff den Nordpol erreichen. Magnetkompassse waren dazu nicht in der Lage. Er erfand den Kreiselkompass und revolutionierte damit die Schifffahrt. Bis heute ist der Kreiselkompass unverzichtbar an Bord. Heute forschen wir an der nächsten Revolution: wie können wir autonome Schifffahrt zuverlässig, sicher und effizient gestalten?

Anschütz GmbH, Kiel



## 1. Wofür braucht man einen Kompass?

(a) Zur Bestimmung der Richtung von Nord- und Südpol der Erde

Ein Kompass zeigt die Abweichung seines Trägers zum magnetischen Nord an. Anhand des Kompasses kann man also seinen aktuellen Kurs feststellen.

## 2. Anschütz wollte mit einem U-Boot zum Nordpol fahren. Damals gab es nur Magnetkompassse. Warum scheiterte er?

Ein Magnetkompass funktioniert nicht in einer eisernen Hülle eines U-Boots. Magnetkompassse weisen auf den magnetischen Nordpol hin und nicht auf den geographischen. Der Magnetkompass ist ungenauer, je weiter man in nördliche Breiten kommt, und kann nicht den geographischen Nordpol finden.

## 3. Was haben Anschütz und Einstein miteinander zu tun?

Anschütz und Einstein lernten sich beim Patentgericht kennen, wo Anschütz sein Patent geschützt und Einstein als Gutachter gearbeitet hat. Einstein faszinierte der Kreiselkompass und hat sich vermehrt damit beschäftigt. Einstein hat letztendlich die Blasspule maßgeblich mit entwickelt, die die Kursgüte und die Dynamik erheblich verbessert.





Geht bei spannenden Experimenten und Workshops auf Entdeckungsreise und erkundet faszinierende Phänomene. Erfahrt im „Elektrischen Salon“ auf unterhaltsame Weise, wie erste Experimente zur (statischen) Elektrizität im 18. Jahrhundert durchgeführt wurden. Im mobilen „MakerSpace“ könnt ihr mit 3D-Druckern Objekte selber drucken und an den Schneideplottern mitgebrachte Kleidungsstücke mit Motiven selbst gestalten.

Angebote der Europa-Universität Flensburg und Phänomenta Flensburg

## „MITMACHEXPERIMENTE UND WORKSHOPS“

- !** 1. Wenn beim Cartesianischen Taucher das Pedal gedrückt und gehalten wird, sinkt die Flasche im Rohr nach unten. Was verändert sich, sodass die Flasche nach unten sinkt?

In der Flasche verändert sich der Wasserspiegel, sobald das Pedal gedrückt wird. Die Luft in der Flasche wird zusammengedrückt und nimmt weniger Raum ein. Der Auftrieb, den die Flasche erhält, hängt vom Gewicht des verdrängten Wassers ab. Da weniger Wasser verdrängt wird, erfährt die Flasche weniger Auftrieb und sinkt nach unten.

- !** 2. „Katzenaugen“, z. B. in Rücklichtern, reflektieren das Licht immer in die Richtung zurück, aus der es herkommt. Welches Exponat in der Ausstellung kann das auch?

Es ist das Exponat Tripelspiegelsäule. Egal, aus welcher Richtung du in die Spiegel hineinschaust, wird dein Blick bzw. das einfallende Licht immer in die Richtung reflektiert, aus der es kommt. Du kannst immer dein Gesicht darin sehen.

- !** 3. Welche Farben haben die Folien, mit denen man bei der subtraktiven Farbmischung Schwarz erzeugen kann?

(a) Magenta, Gelb und Cyan

Bei der subtraktiven Farbmischung entfernen Folien einen Teil des Farbspektrums des Lichts. Der resultierende Farbreiz entsteht durch das durchgelassene Licht. Die Grundfarben sind Gelb, Magenta (Purpur) und Cyan (Blaugrün). Werden diese Folien übereinander gedreht, dann werden alle Farben herausgefiltert und die Folien erscheinen schwarz.

## „ELEKTRISCHER SALON“



**1. Wie viele Gardesoldaten ließ der Abt Nollet am Hof des französischen Königs durch die Entladung einer Leidener Flasche 1746 springen?**

180



**2. Warum war die Erfindung des Blitzableiters 1752 wichtig im Kontext der Elektrizitätsforschung der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts?**

Weil nach allgemeiner Überzeugung Gott die Welt so eingerichtet hatte, dass alles einen Nutzen hatte, und hier wurde erstmals ein Nutzen der Elektrizität demonstriert.



**3. Was war ein wesentliches Charakteristikum der Experimentierkultur der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts?**

(c) Sowohl Laien als auch Frauen konnten aktiv am experimentellen Geschehen teilnehmen.

Experimente wurden öffentlich vor- und durchgeführt. Laien und Frauen konnten aktiv am experimentellen Geschehen teilnehmen. Naturwissenschaftliches Experimentieren war Teil der aufgeklärten Kultur.

## „MAKER SPACE“



**1. Welche maximale Düsentemperatur wird bei den 3D-Druckern erreicht?**

(c) 300 °C



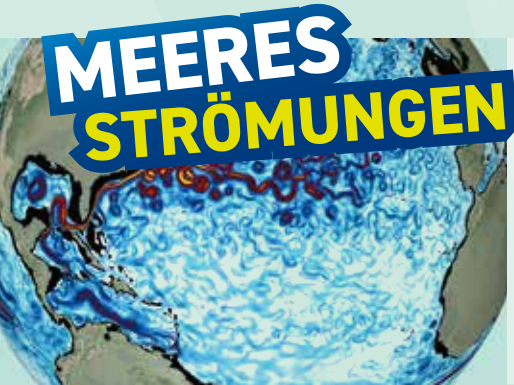
**2. Wie lange benötigt der 3D-Drucker ungefähr, um zwei zweifarbige Spielwürfel zu drucken?**

ca. 1h 45 min



**3. Wie hoch ist die Temperatur der Happy Press, mit der das Motiv auf die Druckunterlage gedruckt wird?**

Zwischen 93 und 221 Grad Celsius



Physikalische Prozesse im Ozean, wie z. B. Meeresströmungen, Wirbel und Wellen, können mit hochauflösenden Ozeanmodellen simuliert werden. Schau dir im Experiment an, wie Wirbel und Ozeanströmungen entstehen und erfahre, wie diese im Supercomputer berechnet werden können. Wie hilft uns das, den Klimawandel oder die Verbreitung von Krankheiten im Meer zu verstehen?

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel



### 1. Wodurch entstehen Ozeanströmungen?

(d) Wind, Wärme und Süßwasserflüsse

Wind drückt das Wasser an die Küsten oder ruft Verdunstung hervor. Auch die Dichte des Wassers spielt eine Rolle. Kaltes oder salzreiches Wasser ist schwerer als wärmeres oder salzärmeres. Daher können auch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede Meeresströmungen verursachen.



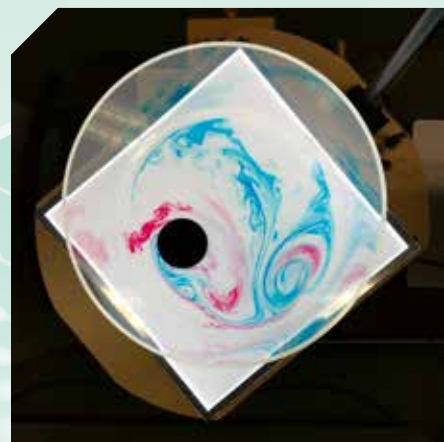
### 2. Wie groß ist ein Wirbel im Ozean?

Alle Skalen von cm (Experiment) bis mehrere hundert km.



### 3. Wie weit können sich Muschelkrankheiten durch Meeresströmungen verbreiten?

Wenige km bis einige 100 km in 4 Wochen.



Erdrutsche gibt es nicht nur am Land, sondern auch im Ozean. Wenn Hänge unter Wasser in die Tiefsee stürzen, können sie Infrastrukturen am Meeresboden wie Tiefseekabel zerstören und katastrophale Tsunamis auslösen. Süditalien ist ein Gebiet mit vielen Hangrutschungen – eine Folge von Ausbrüchen des Vulkans Ätna. Kieler Geophysiker erforschen dort Kontinentalhänge mit einer Vielzahl von Methoden.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



© Bild: Felix Gross, Uni Kiel

## NATURGEFAHREN AUS DEM OZEAN



### 1. Welche Auswirkung kann eine Hangrutschung im Meer haben?

(a) Auslösung eines Tsunamis

Eine Hangrutschung im Meer kann einen Tsunami auslösen. Wie Erdrutsche im Gebirge ganze Täler verändern, so formen Hangrutschungen im Meer die Kontinentalränder, die Übergänge von der flachen Küstenzone zum tiefen Ozean. Je nach Größe der Rutschung können mehrere Meter hohe Tsunamis entstehen.



### 2. Was geschieht, wenn eine Hangrutschung vor Spitzbergen einen Tsunami auslöst?

Eine größere Hangrutschung, ähnlich dem Ereignis der Storegga-Rutschung vor 8.000 Jahren, kann einen Tsunami auslösen, der weite Teile Nordeuropas zerstören kann. Zum Glück ein fiktiver Fall.



### 3. Was sollte man bei einem Tsunami machen?

(c) Weglaufen und so hoch wie möglich kommen.  
(Hochgebäude, Hügel)



© Bild: Felix Gross, Uni Kiel



Weite Teile des Ozeans sind noch unerforscht, und Expeditionen auf den Weltmeeren gehören zu den letzten Abenteuern der Menschheit. Erlebe mit uns den Arbeitsalltag von Meeresforschern an Bord des deutschen Forschungsschiff METEOR zu jeder Tag- und Nachtzeit. Entdecke, wie sie mit akustischen Methoden den Meeresboden kartieren oder erfahre wie Wasser- und Sedimentproben genommen werden.

Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel

## EXPEDITION AUF DEN WELTMEEREN



### 1. Was verstehen Meeresforscher unter mariner Geodäsie?

(c) Vermessung des Meeresbodens

Für Messungen werden akustische Transponder auf dem Meeresboden ausgesetzt. Sie liegen oft in großen Wassertiefen und senden sich gegenseitig akustische Signale. Wenn sich der Meeresboden bewegt, ruckartig oder auch langsam, werden diese Veränderungen aufgezeichnet. Dieses Netzwerk bezeichnen Forschende als marine Geodäsie.



### 2. Wofür werden Fächer-Sedimentecholote auf Forschungsschiffen eingesetzt?

Sie dienen der Vermessung des Ozeanbodens und der oberflächennahen Sedimente. Es werden vom Forschungsschiff akustische Impulse ausgesandt, die am Meeresboden reflektiert und dann an Bord wieder aufgezeichnet werden. So entsteht ein dreidimensionales Bild des Meeresbodens.





Das SOILMONITOR Projekt dient der Entwicklung eines Nährstoffsensors für die Landwirtschaft. Mittels eines miniaturisierten Labors sollen Nitrat-, Ammonium- und Phosphat-Gehalt des Bodenwassers live zur Verfügung gestellt werden. Ziel ist es die notwendige Versorgung von Pflanzennährstoffen zu gewährleisten und Überdüngung zu verhindern, um Erträge zu optimieren und Böden & Grundwasser zu schützen.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



# MINISENSOREN FÜR DIE LANDWIRTSCHAFT



## 1. Warum ist die Nährstoffanalyse so wichtig?

Extremere Klimabedingungen & stark belastete Böden benötigen genaue Messungen um Nahrungsversorgung zu sichern & Überdüngung zu verhindern.



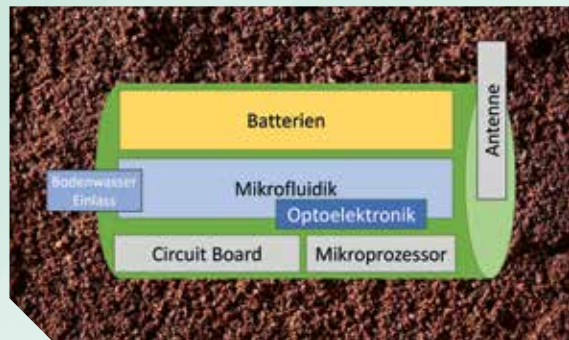
## 2. Welches Volumen Bodenflüssigkeit wird für eine einzelne Messung benötigt?

(c) So viel wie ein Reiskorn.



## 3. Welches Symbol erkennst du im Testmuster auf dem Chip?

Anker



# HIGH-TECH-FARBEN UND FLÜSSIGKEITEN



Die Welt ist bunt. Die Farbwahrnehmung ist die Fähigkeit des Menschen und anderer Lebewesen, Licht in verschiedenen Wellenlängen als unterschiedliche Farben wahrzunehmen. Genaue Farbwiedergabe ist essenziell, um Farben präzise und konsistent darzustellen. Sie verhindert Missverständnisse, gewährleistet hohe Produktqualität und erhält die Integrität von Kunstwerken.

Heidelberger Druckmaschinen AG, Kiel



**1. Welche Konsistenz hat Offset-Druckfarbe? (s. Dose Messestand)**

(b) Zähflüssig wie Honig

Der Offsetdruck gehört zu den indirekten Druckverfahren. Daraus ergibt sich eine andere Farbzusammensetzung als bei den Druckfarben für die direkten Druckverfahren. Die Farbe beim Offsetdruck ist eher zähflüssig, denn nur so kann ein guter Transport über die Farbwalzen erfolgen. Offsetfarben bestehen aus Pigmenten, Bindemitteln und Additiven in unterschiedlicher Zusammensetzung.



**2. Wie viele Düsen hat ein „Heidelberg-Druckkopf“ in einer Digitaldruckmaschine?**

(b) 2048



**3. Wie viele Druckbogen kann die schnellste Heidelberg-Druckmaschine pro Stunde produzieren?**

(c) 21.000 Bg/h



In der Elektronik werden die Teile immer kleiner und effizienter. Heute hat jeder einen „Super-Computer“ in der Tasche. Ähnliches passiert gerade in der Medizin- und Labortechnik. Wenige Tropfen, zum Beispiel Wasser, Schweiß oder Blut, und ein kleiner Plastikchip genügen in Zukunft für eine biochemische Analyse. Schau es Dir an und baue Komponenten hierfür!

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



## DAS NANOLITER-LABOR

### ! 1. Wie kann man flexible photonische Kristalle für die Biosensorik herstellen?

Hierzu kann ein doppelter Abformungsprozess genutzt werden. Dabei erhält man eine flexible Folie, bei dem die als Signalwandler nutzbare nanostrukturierte Oberfläche wieder oben ist.



### ! 2. Wie kann man einzelne Zellen zählen?

(a) Mithilfe eines Durchflusssytometers

Mittels eines Durchflusssytometers ist es möglich, Zellen innerhalb einer Mikrofluidik zu zählen.

### ! 3. Was ist digitale Mikrofluidik

Unter digitaler Mikrofluidik versteht man die Möglichkeit, Wassertropfen per Computer zu steuern. Dadurch können kleine Menge gezielt hin und her transportiert werden.

# VIRTUELLE REISE DURCH DEN KOSMOS



Das Universum steckt voller Rätsel. Wie hat alles angefangen? Wie sieht es auf fernen Planeten aus? Sind wir alleine

im Kosmos? Komm mit auf eine virtuelle Reise, von den riesigen Teleskopen in Chile, hinein in unsere Milchstraße - bis auf die Oberfläche eines weit entfernten Mondes. Hier wartet eine spannende Mission auf dich: Entnehme eine Bodenprobe, um nach Spuren von Leben zu suchen!

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bonn



**1. Wo wird das Extremely Large Telescope (ELT) gebaut?**

(d) Cerro Armazones, Chile



**2. Was passiert mit vielen Sternen, wenn der Treibstoff in ihrem Inneren verbraucht ist?**

Der Stern fällt in sich zusammen und leuchtet als Supernova weiter. Übrig bleibt entweder ein schwarzes Loch oder ein Neutronenstern.



**3. Welches Ergebnis liefert die Analyse der Bodenprobe auf dem Exomond?**

Sauerstoff und Proteinverbindungen



Wir untersuchen die Quellen und Natur der Weltraumstrahlung, wie sie sich ausbreitet und wie sie z. B. auf Astronauten wirkt. Die Strahlung besteht aus Elektronen und Ionen (Atome mit fehlenden Elektronen). Dazu entwickeln und bauen wir eigene Instrumente für Weltraummissionen und analysieren deren Daten. Mit internationalen Partnern entwickeln wir theoretische Modelle für die Weltraumstrahlung.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

# VOM HIMMEL HOCH



## 1. Einmal im Monat liegt der Mond zwischen der Erde und der Sonne. Wie lange braucht der Sonnenwind dann vom Mond zur Erde?

(c) 8-21 Min.

Der Sonnenwind fließt mit einer Geschwindigkeit  $v_{sw}$  zwischen 300 und 750 km/s von der Sonne weg. Der Abstand Erde-Mond beträgt im Mittel  $d = 384.400$  km. Der Sonnenwind braucht deshalb zwischen 8 und 21 Minuten vom Mond zur Erde;  $t = d / v_{sw}$



## 2. Was ist die Weltraumstrahlung und warum ist sie für Astronauten gefährlich?

Die Weltraumstrahlung ist ganz anders als die uns von der Erde bekannte Alpha-, Beta- und Gammastrahlung. Sie besteht hauptsächlich aus Elektronen und Ionen (das sind Atome, bei denen ein oder mehrere Elektronen fehlen) mit hoher Energie. Sie haben so viel Energie, dass sie den Raumanzug eines Astronauten durchdringen können und im Astronauten stecken bleiben, oder auch ihn durchdringen. Dabei kann diese Strahlung Zellen und auch deren Erbsubstanz schädigen, was zu Krebs und im schlimmsten Falle zum Strahlungstod führen kann.



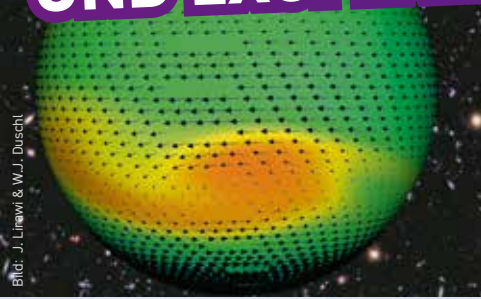
## 3. Welche Formen von „Strahlung“ kommen neben Licht sonst noch von der Sonne?

Die Sonne leuchtet nicht nur im für uns Menschen sichtbaren Bereich, sondern auch bei anderen Wellenlängen von Licht. Zum einen gibt es die lichtähnliche Strahlung wie Radiostrahlung, Infrarot-, Ultraviolett-, Röntgen-, und Gammastrahlung. Daneben gibt es aber auch eine Strahlung, die aus Elektronen und Ionen besteht, das sind Atome, bei denen ein oder mehrere Elektronen fehlen. Schließlich kommt aus dem Inneren der Sonne eine Strahlung von ganz besonderen Elementarteilchen, sogenannten Neutrinos. Diese Neutrinos heißen manchmal auch „Geisterteilchen“, weil sie fast gar nicht mit Materie wechselwirken.



# SCHWARZE LÖCHER UND EXOPLANETEN

Bild: J. Liriovi & W.J. Duschl



Modellrechnungen bestätigen, dass Sterne und Planeten im Universum zusammen entstehen, und seit fast drei Jahrzehnten können wir

solche Planeten um andere Sterne, sog.

Exoplaneten beobachten. Heute kennen wir knapp 6000 Exoplaneten sicher; einige tausend weitere müssen noch bestätigt werden. Die beiden wichtigsten Methoden zur Auffindung von Exoplaneten sind die Transitmethode und die Radialgeschwindigkeitsmethode.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



**1. Sind Planeten um andere Sterne als die Sonne etwas Seltenes oder nicht? Und warum?**

Nicht selten, da sie zusammen entstehen.



**2. Wie muss die Bahn eines Exoplaneten um seinen Zentralstern liegen, um die Transitmethode verwenden zu können?**

Sie muss so liegen, dass wir (fast) von der Kante auf die Bahn blicken, weil nur dann der Planet von uns aus gesehen am Stern vorbeizieht.



**3. Welche Bedingungen müssen mindestens erfüllt sein, damit Leben, so wie wir es kennen, auf einem Exoplaneten existieren**

(b) Flüssiges Wasser



Du möchtest wissen, wie die Sternbilder an unserem Himmel aussehen und welche Sterne zu ihnen gehören? Hier an unserem AstroMedia Stand kannst du lernen, wie man die Sterne in einem Sternbild zum Funkeln bringt. Mach mit und gewinne eine Sternbild-Postkarte! Mit ihr kannst du in einer klaren Nacht ganz einfach das Sternbild am Himmel entdecken oder anderen eine Freude machen.

AstroMedia Verlag, Würzburg

# STERNBILDER ZUM FUNKELN BRINGEN



Bild: AstroMedia, Shutterstock



**1. Wie heißt der hellste Stern am ganzen Sternenhimmel?  
(Steht im Sternbild GROßER HUND.)**

(b) Sirius



**2. Aus wie vielen Fischen besteht das Sternbild FISCHE?**

(a) zwei



**3. Wie heißt der kleine funkelnde  
Sternhaufen rechts oben  
im Sternbild STIER?**

(b) Plejaden



# ASTRONOMIE IN DER SCHULE

## SPANNEND GESTALTEN

Sind wir alleine im All?

Gezielt gesucht wird nach

Exoplaneten: Planeten, die sich um andere Sterne bewegen. Tausende Exoplaneten sind mittlerweile bekannt. Auf den meisten herrschen allerdings lebensfeindliche Bedingungen (keine Luft, zu heiß oder zu kalt). Um einen Exoplaneten zu finden misst man die Helligkeit eines Sterns über längere Zeit und zeichnet diese auf (Lichtkurve).

Universität zu Köln

Bild: NASA



### ! 1. Kann man auf dem Mars einfach so leben wie bei uns auf der Erde? Warum?

Man kann auf dem Mars nicht einfach so leben wie bei uns auf der Erde, denn

1. der Bodendruck auf dem Mars ist lediglich 5 Promille des irdischen,
2. es gibt kein flüssiges Wasser. Zwar gibt es Wassereis, aber flüssiges kann sich auf dem Mars Wasser nicht halten. Es würde verdampfen und der Mars kann wegen seiner geringen Masse (8 x weniger als die Erde) weder Stickstoff noch Sauerstoff oder Wasserdampf (!), wohl aber das schwere CO<sub>2</sub> halten.

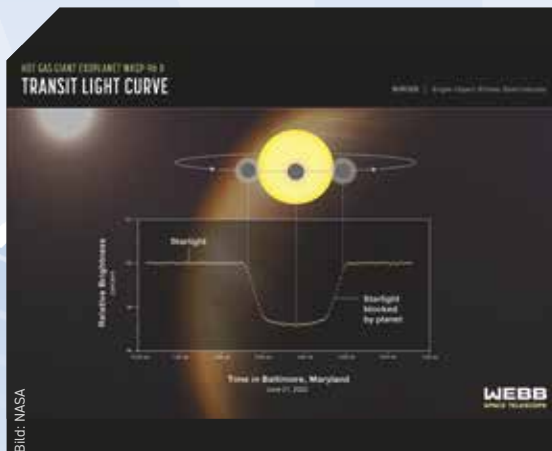
### ! 2. In welchen Bereichen von Strahlung (außer dem sichtbaren Licht) wird in der Astronomie geforscht?

Mittlerweile wird in allen Bereichen von elektromagnetischer Strahlung geforscht, also im Gamma-Bereich, Röntgenstrahlung, Ultraviolett-, Infrarot-, Ferninfrarot- und Submillimeterbereich, Millimeterwellen, klassische Radiowellen bis zu einer Wellenlänge von 10 m.

### ! 3. Wer war der erste systematisch beobachtende astronomische Forscher?

(b) Nikolaus Kopernikus

Kopernikus hatte zwar noch kein Fernrohr, allerdings hat er genaue Beobachtungen z. B. der Marsbahn ausgeführt, wobei er bereits auf eine Ellipsenbahn kam.





Durch den geschickten Zusammenschluss mehrerer kleiner Teleskope kann in der Radioastronomie ein Detailreichtum (genauer: Auflösungsvermögen) erreicht werden, der dem eines viel größeren Teleskops entspricht. Mit dem Superteleskop Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) werden seit 2013 spektakuläre astronomische Erkenntnisse erzielt.

Argelander-Institut für Astronomie, Universität Bonn

## PLANETEN BEIM ENTSTEHEN BEOBACHTEN



### 1. Worin unterscheidet sich Radiostrahlung vom sichtbaren Licht?

Wellenlänge bis zu 100.000x größer



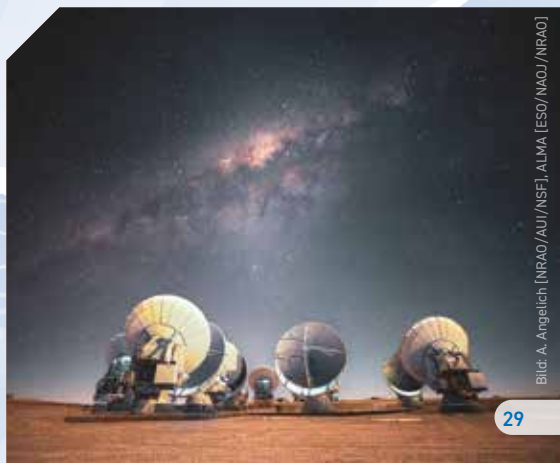
### 2. Wie groß ist das größte frei bewegliche Teleskop der Welt?

Durchmesser 100 m



### 3. Wo wurde ALMA errichtet?

(c) Chajnantor-Hochebene, Chile







## ZAUBERWELT DER PLASMEN

Ionisiertes Gas, der leuchtende vierte Aggregatzustand, können wir auf der Erde in der Form von Blitzen oder Nordlicht beobachten. Es wird in der Industrie für unzählige Anwendungen verwendet und lässt sich sogar bei Raumtemperatur realisieren und anfassen.

Mehrere Beispiele werden am Stand demonstriert und erklärt.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



### 1. Was unterscheidet ein Plasma von einem Gas?

Plasma beinhaltet freie Ladungsträger: die Elektronen und Ionen.



### 2. Warum entsteht das Plasma nur an den Mastspitzen?

An scharfen Spitzen wird das elektrische Feld am größten.



### 3. Warum leuchtet das Plasma?

(c) Die schnellen Elektronen regen die Moleküle an.



Temperaturen heißer als im Sonneninneren herrschen in der Fusionsanlage Wendelstein 7-X.

Um solch hohe Temperaturen erzeugen und halten zu können, benötigt man Mikrowellenheizungen und Magnetfeldkäfige. Schaut vorbei und erlebt, wie man ein Plasma mit Magnetfeldern beeinflussen und Plasmen in einem Mikrowellengerät erzeugen kann.

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

# VON DER SONNE ABGESCHAUT

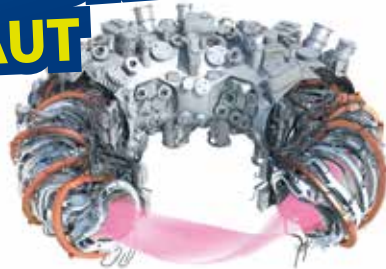


Bild: MPI für Plasmaphysik, Jan Hosan

?

## 1. Stellt ein Stellarator Sterne her?

(d) Nein, da Sterne und Stellarator sich aufgrund der Plasmadichte und -temperatur stark unterscheiden.

## 2. Wie schließt man ein Plasma ein, das heißer ist als das Sonneninnere?

Um Energie aus Fusion zu gewinnen, benötigt man ein 100 Millionen Grad heißes Plasma. Man nutzt Magnetfelder, um die Ionen und Elektronen des Plasmas auf Kreisbahnen um die Feldlinien zu zwingen. So sind die Teilchen in dem Magnetfeldkäfig eingeschlossen.

## 3. Wie erzeugt man in einem Plasma Temperaturen von mehr als 100 Millionen Grad?

Das Wendelstein 7-X-Plasma wird über die Einstrahlung von elektromagnetischen Wellen in das Plasma und den Einschuss schneller Atome aufgeheizt. Die Mikrowellenheizung verfügt über zehn Mikrowellengeneratoren mit einer Ausgangsleistung von je einer Million Watt.



Bild: MPI für Plasmaphysik



27.000 Röntgenblitze pro Sekunde, 10 Trilliarden Mal heller als die Sonne – das schafft nur der größte Röntgenlaser der Welt, und der steht in der Metropolregion Hamburg. Damit können Forschende winzige Strukturen untersuchen und sogar chemische Reaktionen filmen.

European XFEL HmbH, Hamburg

# DER GRÖSSTE RÖNTGENLASER DER WELT



## 1. Wofür braucht man Hohlraumresonatoren beim European XFEL?

(b) Zur Beschleunigung von elektrisch geladenen Teilchen.

## 2. Was ist Interferenz und wie kann man damit kleinste Strukturen sichtbar machen?

Schaue dir das Video mit den Wasserwellen bei uns am Stand an und führe selbst einen Versuch durch. Beobachte im Video die Wechselwirkung der beiden erzeugten Wellen, das Verhalten des Boots im See und die verschiedenen Lichtmuster beim Experiment.



## 3. Welchen Zusammenhang gibt es zwischen European XFEL und DESY?

Der European XFEL, der in unterirdischen Tunnelröhren steht, ist 3,4 Kilometer lang und reicht vom DESY-Gelände in Hamburg bis ins schleswig-holsteinische Schenefeld. DESY ist Hauptgesellschafter von European XFEL. DESY betreibt den 1,7 Kilometer langen supraleitenden Beschleuniger mit der Elektronenquelle.



Röntgenlicht kann viel mehr, als nur zeigen, ob ein Knochen noch heil ist. Bei BESSY II entdecken wir damit neue Materialien und entwickeln Technologien für eine klimaneutrale Energieversorgung der Zukunft.

Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie HZB



## DIE LICHTMASCHINE BESSY II

- !** **1. In der Sahara scheint fast das ganze Jahr die Sonne. Könnte man den Energiebedarf der Erde abdecken, wenn man dort eine riesige Solaranlage bauen würde? Und falls ja, wie groß müsste diese sein? Würde diese Anlage überhaupt in die Sahara passen?**

(a) Ja, und sie würde 3.5% der Sahara ausmachen.

- !** **2. Gibt es Bakterien die Plastik fressen?**

Ja, das Bakterium *Ideonella skaiensis* wächst auf Plastik und ernährt sich davon. Mit Hilfe von Enzymen zerlegt es das Plastik in seine Grundbausteine.

- !** **3. Was haben eine Büroklammer und eine Gummiente gemeinsam?**

Nitinol ist ein künstliches Material aus Nickel und Titan und zeigt elastische und flexible Eigenschaften. Bei Raumtemperatur sind Dinge aus Nitinol flexibel: Nitinol und eine normale Büroklammer behalten nach dem Biegen ihre Form. Wird Nitinol erwärmt, wird es elastisch wie eine Gummiente und kehrt in die ursprüngliche Form zurück.





Faszinierende physikalische Experimente vom High-Tech Experiment bis zum Alltagsphänomen lassen Ihre Haare zu Berge stehen und bringen Sie zum Staunen. Probieren Sie aus, wie die Physik überraschende Dinge ermöglicht.

[www.Experimenteshows.de](http://www.Experimenteshows.de), Xanten

## NEUES AUS DER FORSCHERWERKSTATT



**1. Wie kommt es, dass die Haare zu Berge stehen, wenn man elektrisch aufgeladen wird?**

(c) Aufgrund der gleichartigen Ladung.



**2. Wie kann man eine Leuchtstoffröhre zum Leuchten anregen, ohne dass sie an ein Stromkabel angeschlossen wird?**

Mit hochfrequenter Radiostrahlung.





Die Erde wird kontinuierlich von kosmischen Teilchen getroffen. Protonen und Heliumkerne stellen den größten Anteil. Ihr Ursprung ist mit energetischen Objekten im Weltall verbunden.

Auf ihrem Weg durch das Universum treffen sie auch auf unsere Erde. Dort kollidieren sie mit Atomen der Atmosphäre und es entstehen kurzlebige Teilchen wie Myonen.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

# DIAGNOSE MIT MYONEN



- ! **1. Myonen haben eine durchschnittliche Lebenszeit von  $2,2\mu\text{s}$  und werden in 10 km Höhe überwiegend erzeugt. Welche Strecke würden sie klassisch betrachtet zurücklegen, wenn Sie sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen.**

$$s=v*t$$

Mit  $v$  ungefähr  $300.000 \text{ km/s}$  ist  $s=660 \text{ m}$ .



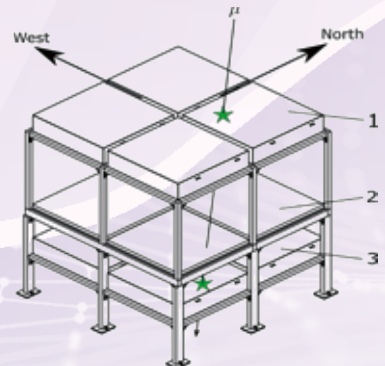
- ! **2. Myonen werden aber am Boden gemessen. Die Lösung liegt in der speziellen Relativitätstheorie von Albert Einstein. Wie kann man mit der Zeitdilatation die Messungen deuten?**

Die Zeitdilatation dehnt die Zerfallszeit im Ruhesystem gegenüber der Zeitspanne im Beobachtersystem aus. Dadurch können die Myonen einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen.

- ! **3. Myonen (elektrisch geladene Elementarteilchen) können zur Bestimmung des Inneren von Pyramiden genutzt werden. Wieso?**

(d) Aufgrund ihres Energieverlustes.

Wenn Myonen Materie durchdringen verlieren sie Energie. Befindet sich in einer Pyramide ein Hohlraum, so ist der Energieverlust kleiner als beim Durchqueren einer massiven Pyramide. Der Fluss der Myonen ist somit größer, wenn ein Hohlraum vorhanden ist. Betrachtet man verschiedene Richtungen, kann der Hohlraum lokalisiert werden.



# DER NEUTRONENSTERN

## WUNDER DER PHYSIK

Neutronensterne können entstehen, wenn ein riesiger

Stern am Ende seines Lebens in einer Supernova explodiert. Der Kern des

Sterns kollabiert unter seiner eigenen Schwerkraft und wird zu einem Neutronenstern.

Neutronensterne sind sehr klein, aber extrem massereich. Sie haben ungefähr die Größe einer Stadt wie Frankfurt am Main, sind aber viel schwerer als unser gesamtes Sonnensystem.

Goethe-Universität Frankfurt/Main



### 1. Wie entsteht ein Neutronenstern?

Neutronensterne können entstehen, wenn ein riesiger Stern am Ende seines Lebens unter seiner eigenen Schwerkraft kollabiert und in einer Supernova explodiert.



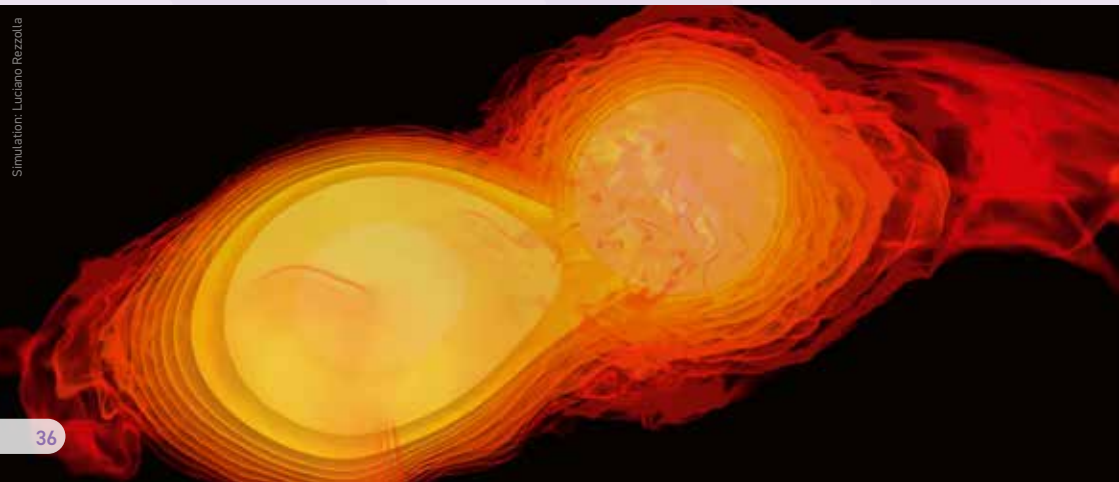
### 2. Wie „schwer“ ist ein Neutronenstern?

Neutronensterne sind extrem massereich und wiegen ein Vielfaches unseres gesamten Sonnensystems. Ein Zuckerwürfel Neutronenstern wiegt so viel wie der ganze Mount Everest!



### 3. Was befindet sich im inneren Kern von Neutronensternen?

(a) Exotische Materie









**ALLEN AUSSTELLENDEN  
EIN HERZLICHES DANKESCHÖN  
FÜR IHRE BEITRÄGE ZUR AUSSTELLUNG.**

UMSETZUNG UND REDAKTION  
iserundschmidt GmbH, Prof. Dr. Jan Benedikt – CAU

STAND  
September 2023

INFORMATIONEN

Die Highlights der Physik im Internet:  
[highlights-physik.de](https://highlights-physik.de)

Aufgabenheft und Lösungen bis September 2024  
zum Download unter:  
[highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte](https://highlights-physik.de/kids-schule/lehrkraefte)



2023  
highlights der **physik**

Inspiziert und begeistert durch den Erfolg des „Jahres der Physik 2000“ veranstalten das Bundesministerium für Bildung und Forschung (bis 2022) und die Deutsche Physikalische Gesellschaft seit 2001 ein jährliches Physikfestival: die „Highlights der Physik“. Das Festival zieht mit wechselnder Thematik von Stadt zu Stadt. Mitveranstalter sind stets ortsansässige Institutionen, dieses Jahr die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.  
Infos: [highlights-physik.de](http://highlights-physik.de)



VERANSTALTER



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

MIT GROßZÜGIGER UNTERSTÜTZUNG VON



PARTNER



FÖRDERER



MEDIENPARTNER

**Kieler Nachrichten**

Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

